

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВЫХОДНОЙ АПЕРТУРЫ В ДИСПЕРСИОННОМ ЗЕРКАЛЬНОМ СПЕКТРОМЕТРЕ С ОСЕВЫМ ПРОХОЖДЕНИЕМ СВЕТОВОГО ПУЧКА

И. М. Гулис, А. Г. Купреев

Белорусский государственный университет, Минск

E-mail: kupreev@bsu.by

Осевое прохождение светового пучка через зеркальные объективы позволяет существенно уменьшить внеосевые aberrации дисперсионного спектрометра [1]. В работе [2] нами были предложены схемные решения светосильных дисперсионных спектрометров с протяженной спектральной разверткой, экранирование линейного детектора от коллимированного пучка в которых осуществляется краем выходной апертуры. В варианте с вынесением камерного объектива из плоскости системы (см. рис. 1) излучение вводится в систему через отверстие в центре плоского зеркала 1, наклоненного в плоскости системы и направляющего коллимированный световой пучок от объектива 2 на дифракционную решетку 3. Центр камерного объектива 4 расположен в плоскости, ортогональной плоскости дисперсии и содержащей центры дифракционной решетки и выходной апертуры. Плоское зеркало 5 с выходной апертурой направляет диспергированные пучки на объектив 4.

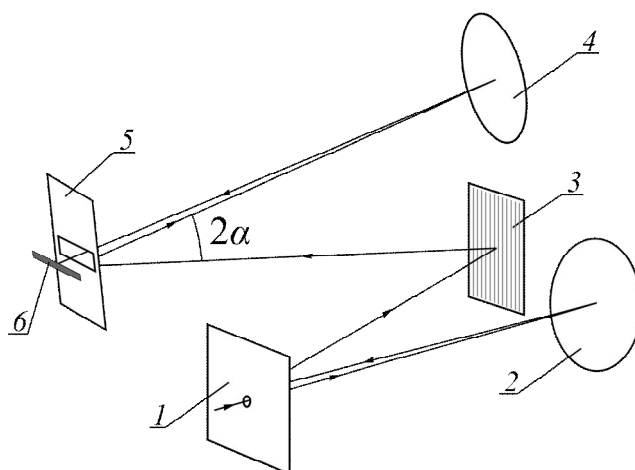


Рис. 1. Оптическая система спектрометра с осевым прохождением
с вынесением камерного объектива из плоскости системы

1 – плоское зеркало с входным отверстием, 2 – коллиматорный зеркальный объектив,
3 – дифракционная решетка, 4 – камерный зеркальный объектив, 5 – плоское зеркало
с выходной апертурой, 6 – детектор

Длинная сторона линейного детектора ориентируется параллельно линии пересечения плоскости системы и зеркала 5, делая возможным приближение детектора к отражающей поверхности зеркала на расстояние, ограничиваемое толщиной подложки и габаритами детектора.

Выбор угла «выхода из плоскости» 2α (угол между падающим и отраженным от зеркала 5 главным лучом) определяется компромиссом между экранированием детектора от диспергированных пучков (чем больше α , тем ниже детектор относительно края апертуры и лучше экранирование) и высотой апертурного отверстия (чем больше α , тем выше отверстие и больше затенение пучка). Нами показано, что для экранирования детектора при небольших α должно выполняться условие

$$\operatorname{tg} \gamma \leq \frac{\sin 2\alpha}{1 - 2\sin^2 \alpha} \approx \sin 2\alpha, \quad (1)$$

где γ – апертурный угол светового пучка. В рассматриваемой системе дополнительным фактором, ограничивающим α снизу, является высота коллимированного пучка на дифракционной решетке 3 и камерном объективе 4. Для избегания пространственного перекрытия решетки и объектива необходимо, чтобы

$$2\sin \gamma \leq \sin 2\alpha. \quad (2)$$

Если это неравенство выполняется, то заведомо выполняется (1). Поэтому в оптической системе без затенения при экранировании краем апертуры детектора высота апертурного отверстия больше минимально необходимой. Эту высоту можно рассчитать по формуле

$$H = \frac{L_{\text{dist}} \sin 2\gamma}{\cos(\gamma + \alpha) \cos(\gamma - \alpha)}, \quad (3)$$

где L_{dist} – расстояние от изображения до отражающей поверхности зеркала 5. Длина апертурного отверстия рассчитывается как

$$W = w_{\text{detector}} + L_{\text{dist}} \sin 2\gamma, \quad (4)$$

где w_{detector} – длина детектора.

Полученные соотношения позволяют оценить размеры и площадь апертурного отверстия, что необходимо для моделирования предложенной оптической системы, а также для расчета потерь света из-за затенения и компенсирующего увеличения номинальной числовой апертуры.

1. Тарасов К. И. Спектральные приборы. Л.: Машиностроение, 1977. 368 с.
2. Гулис И. М., Купреев А. Г. // Весн. Беларус. дзярж. ун-та. Сер. 1. 2008. № 3. С. 11–15.